



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 162700

(13) U

(51) МПК

G01K 13/04 (2006.01)

G01K 13/08 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2025 04328**

(22) Дата подання заявки: **05.09.2025**

(24) Дата, з якої є чинними
права інтелектуальної
власності: **16.04.2026**

(46) Публікація відомостей
про державну
реєстрацію: **15.04.2026, Бюл.№ 15**

(72) Винахідник(и):

**Грабко Володимир Віталійович (UA),
Грабко Валентин Володимирович (UA),
Чорний Олексій Петрович (UA)**

(73) Володілець (володільці):

**ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,
вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця,
21021 (UA)**

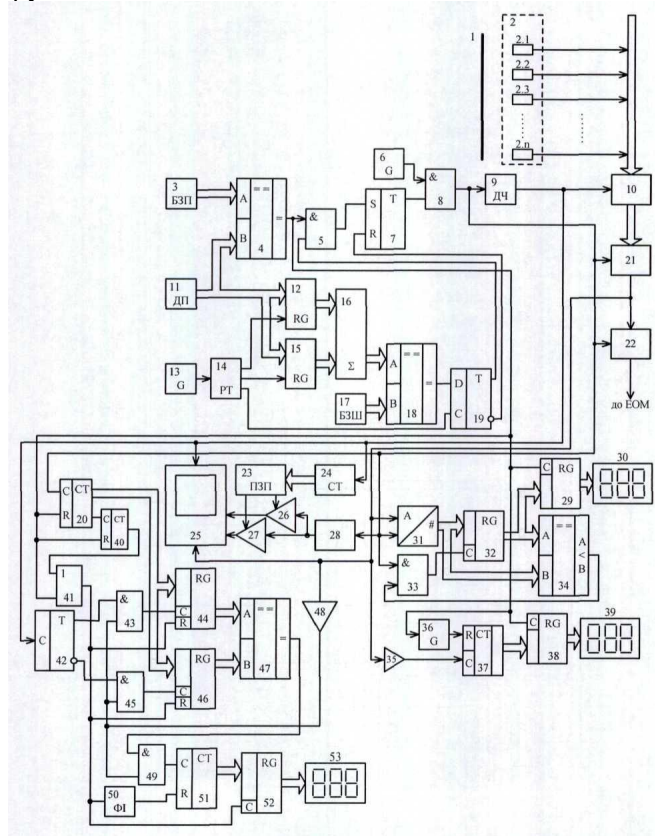
(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ОБМОТОК РОТОРА ГІДРОГЕНЕРАТОРА

(57) Реферат:

Пристрій для тепловізійного діагностування обмоток ротора гідрогенератора містить інфрачервоний приймач з n окремих інфрачервоних сенсорів, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, блок підготовки даних, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, два лічильники, генератор напруги, блок пам'яті, датчик положення, блок задання положення, блок задання швидкості, розподільувач тактів, p'ять регістрів, три цифрові компаратори, цифровий суматор, два тригери, три елементи І, аналого-цифровий перетворювач, формувач сигналу, перший компаратор та два цифрові індикатори. Вихід дільника частоти підключений до входів буферного регістра, першого лічильника та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги. Другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника. Перший вхід блока підготовки даних разом з четвертим входом відеоконтрольного блока з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами n окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача. Вихід блока підготовки даних підключений в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення. Вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом першого елемента І, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера. Вихід з'єднаний з першим входом першого тригера, другий вхід якого підключений до другого виходу другого тригера, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання швидкості. Перша вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною цифрового суматора. Перша і друга вхідні цифрові шини якого підключені, відповідно, до вихідних цифрових шин першого та другого регістрів, входи яких з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами розподільувача тактів, третій вхід якого підключений до другого входу другого тригера. Вихід другого генератора імпульсів з'єднаний зі входом розподільувача тактів. Вихід першого тригера підключений до першого входу другого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів. Вихід підключений до входів дільника частоти, генератора напруги, комутатора та до другого входу блока підготовки даних. Вихідна цифрова шина

UA 162700 U

аналого-цифрового перетворювача з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини четвертого регістра та до першої вхідної цифрової шини третього цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною аналого-цифрового перетворювача. Вихід підключений до другого входу третього елемента І, перший вхід якого разом з другим входом аналого-цифрового перетворювача з'єднані з виходом другого елемента І, а вихід підключений до входу третього регістра. Вихід комутатора з'єднаний з першим входом аналого-цифрового перетворювача та зі входом першого компаратора, вихід якого підключений до першого входу другого лічильника, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною п'ятого регістра. Другий вхід підключений до виходу формувача сигналу, вхід якого разом зі входами четвертого та п'ятого регістрів з'єднані з виходом першого цифрового компаратора. Вихідні цифрові шини четвертого та п'ятого регістрів підключені відповідно до вхідних цифрових шин першого та другого цифрових індикаторів. Введено три лічильники, три регістри, три елементи І, елемент АБО, третій тригер, другий компаратор, четвертий цифровий компаратор, формувач імпульсів та третій цифровий індикатор. Вихід дільника частоти з'єднаний зі входом третього тригера, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів четвертого та п'ятого елементів І, виходи яких з'єднані з першими входами шостого та сьомого регістрів, а другі входи разом з другим входом шостого елемента І підключені до виходу другого компаратора, вхід якого з'єднаний з виходом комутатора. Перший вхід шостого елемента І підключений до виходу четвертого цифрового компаратора, перша та друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами шостого та сьомого регістрів, вхідні цифрові шини яких підключені до вихідної цифрової шини третього лічильника, а другі входи яких разом з входом формувача імпульсів та входом восьмого регістра з'єднані з виходом елемента АБО, перший вхід якого підключений до виходу четвертого лічильника, перший вхід якого з'єднаний з виходом третього лічильника. Другий вхід разом з другими входами третього лічильника та елемента АБО підключені до виходу першого цифрового компаратора. Вихід формувача імпульсів з'єднаний з другим входом п'ятого лічильника, перший вхід якого підключений до виходу шостого елемента І. Вихідна цифрова шина з'єднана зі вхідною цифровою шиною восьмого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини третього цифрового індикатора. Перший вхід третього лічильника з'єднаний з виходом другого елемента І.



Корисна модель належить до безконтактної термометрії і може бути використана для вимірювання температури об'єктів, що обертаються, зокрема поверхні обмоток ротора гідрогенераторів.

Відомий пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 66866, МПК G01K 13/00, бюл. № 2, 2012), що містить об'єкти, інфрачервоний приймач, що містить п окремих інфрачервоних сенсорів, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, блок підготовки даних, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, лічильник, генератор напруги, блок пам'яті, датчик положення, блок задання положення, блок задання швидкості, розподільувач тактів, два регістри, два цифрові компаратори, цифровий суматор, два тригери, два елементи І та індикатор, причому вихід дільника частоти підключений до входів буферного регістра, лічильника та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної шини лічильника, четвертий вхід відеоконтрольного блока разом з першим входом блока підготовки даних з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами п окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача, вихід блока підготовки даних підключений в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом першого елемента І, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера, другий вхід якого разом зі входом індикатора підключені до другого виходу другого тригера, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання швидкості, а перша вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною цифрового суматора, перша і друга вхідні цифрові шини якого підключені, відповідно, до вихідних цифрових шин першого та другого регістрів, входи яких з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами розподільувача тактів, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний зі входом розподільувача тактів, вихід першого тригера підключений до першого входу другого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів, а вихід підключений до входів дільника частоти, генератора напруги, комутатора та до другого входу блока підготовки даних.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє ідентифікувати та фіксувати виток з підвищеною температурою полюса обмотки ротора гідрогенератора в процесі вимірювання його теплового портрету під час роботи, оскільки гідрогенератор є специфічною електричною машиною закритого виконання, що ускладнює доступ до його обертових частин.

Як найближчий аналог вибраний пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 128194, МПК G01K 13/08, бюл. № 17, 2018), що містить інфрачервоний приймач з п окремих інфрачервоних сенсорів, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, блок підготовки даних, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, два лічильники, генератор напруги, блок пам'яті, датчик положення, блок задання положення, блок задання швидкості, розподільувач тактів, п'ять регістрів, три цифрові компаратори, цифровий суматор, два тригери, три елементи І, індикатор, аналого-цифровий перетворювач (АЦП), формувач сигналу, компаратор (в подальшому перший компаратор) та два цифрові індикатори, причому вихід дільника частоти підключений до входів буферного регістра, першого лічильника та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника, перший вхід блока підготовки даних разом з четвертим входом відеоконтрольного блока з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами п окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача, вихід блока підготовки даних підключений в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення, вихід першого цифрового

компаратора з'єднаний з першим входом першого елемента І, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера, другий вхід якого разом зі входом індикатора підключені до другого виходу другого тригера, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання швидкості, а перша вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною цифрового суматора, перша і друга вхідні цифрові шини якого підключені, відповідно, до вихідних цифрових шин першого та другого регістрів, входи яких з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами розподільювача тактів, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний зі входом розподільювача тактів, вихід першого тригера підключений до першого входу другого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів, а вихід підключений до входів дільника частоти, генератора напруги, комутатора та до другого входу блока підготовки даних, вихідна цифрова шина АЦП з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини четвертого регістра та до першої вхідної цифрової шини третього цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною АЦП, а вихід підключений до другого входу третього елемента І, перший вхід якого разом з другим входом АЦП з'єднані з виходом другого елемента І, а вихід підключений до входу третього регістра, вихід комутатора з'єднаний з першим входом АЦП та зі входом першого компаратора, вихід якого підключений до першого входу другого лічильника, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною п'ятого регістра, а другий вхід підключений до виходу формувача сигналу, вхід якого разом зі входами четвертого та п'ятого регістрів з'єднані з виходом першого цифрового компаратора, вихідні цифрові шини четвертого та п'ятого регістрів підключені, відповідно, до вхідних цифрових шин першого та другого цифрових індикаторів.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє ідентифікувати та фіксувати виток з підвищеною температурою полюса обмотки ротора гідрогенератора в процесі вимірювання його теплового портрету під час роботи, оскільки гідрогенератор є специфічною електричною машиною закритого виконання, що ускладнює доступ до його обертових частин.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення пристрою для тепловізійного діагностування обмоток ротора гідрогенератора, в якому за рахунок введення нових блоків та зв'язків між ними з'являється можливість на працюючому гідрогенераторі ідентифікувати та фіксувати виток з підвищеною температурою полюса обмотки ротора гідрогенератора в процесі вимірювання його теплового портрету, що розширює функціональні можливості пристрою.

Поставлена задача вирішується тим, що пристрій для тепловізійного діагностування обмоток ротора гідрогенератора, що містить інфрачервоний приймач з n окремих інфрачервоних сенсорів, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, блок підготовки даних, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, два лічильники, генератор напруги, блок пам'яті, датчик положення, блок задання положення, блок задання швидкості, розподільювач тактів, п'ять регістрів, три цифрові компаратори, цифровий суматор, два тригери, три елементи І, аналого-цифровий перетворювач, формувач сигналу, перший компаратор та два цифрові індикатори, причому вихід дільника частоти підключений до входів буферного регістра, першого лічильника та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника, перший вхід блока підготовки даних разом з четвертим входом відеоконтрольного блока з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами n окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача, вихід блока підготовки даних підключений в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом першого елемента І, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера, другий вхід якого підключений до другого виходу другого тригера, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання швидкості, а перша вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною цифрового суматора, перша і друга вхідні цифрові шини якого підключені, відповідно, до вихідних цифрових шин першого та другого регістрів, входи яких

з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами розподільювача тактів, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний зі входом розподільювача тактів, вихід першого тригера підключений до першого входу другого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів, а вихід підключений до входів дільника частоти, генератора напруги, комутатора та до другого входу блока підготовки даних, вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини четвертого регістра та до першої вхідної цифрової шини третього цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною аналого-цифрового перетворювача, а вихід підключений до другого входу третього елемента І, перший вхід якого разом з другим входом аналого-цифрового перетворювача з'єднані з виходом другого елемента І, а вихід підключений до входу третього регістра, вихід комутатора з'єднаний з першим входом аналого-цифрового перетворювача та зі входом першого компаратора, вихід якого підключений до першого входу другого лічильника, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною п'ятого регістра, а другий вхід підключений до виходу формувача сигналу, вхід якого разом зі входами четвертого та п'ятого регістрів з'єднані з виходом першого цифрового компаратора, вихідні цифрові шини четвертого та п'ятого регістрів підключені, відповідно, до вхідних цифрових шин першого та другого цифрових індикаторів, згідно з корисною моделлю, введено три лічильники, три регістри, три елементи І, елемент АБО, третій тригер, другий компаратор, четвертий цифровий компаратор, формувач імпульсів та третій цифровий індикатор, причому вихід дільника частоти з'єднаний зі входом третього тригера, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів четвертого та п'ятого елементів І, виходи яких з'єднані з першими входами шостого та сьомого регістрів, а другі входи разом з другим входом шостого елемента І підключені до виходу другого компаратора, вхід якого з'єднаний з виходом комутатора, перший вхід шостого елемента І підключений до виходу четвертого цифрового компаратора, перша та друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами шостого та сьомого регістрів, вхідні цифрові шини яких підключені до вихідної цифрової шини третього лічильника, а другі входи яких разом з входом формувача імпульсів та входом восьмого регістра з'єднані з виходом елемента АБО, перший вхід якого підключений до виходу четвертого лічильника, перший вхід якого з'єднаний з виходом третього лічильника, а другий вхід разом з другими входами третього лічильника та елемента АБО підключені до виходу першого цифрового компаратора, вихід формувача імпульсів з'єднаний з другим входом п'ятого лічильника, перший вхід якого підключений до виходу шостого елемента І, а вихідна цифрова шина з'єднана зі вхідною цифровою шиною восьмого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини третього цифрового індикатора, перший вхід, третього лічильника з'єднаний з виходом другого елемента І.

На кресленні зображена його структурна схема.

На схемі: 1 - об'єктив; 2 - інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.n; 3 - блок задання положення; 4 - перший цифровий компаратор; 5 - перший елемент І; 6 - перший генератор імпульсів; 7 - перший тригер; 8 - другий елемент І; 9 - дільник частоти; 10 - буферний регістр; 11 - датчик положення; 12 - перший регістр; 13 - другий генератор імпульсів; 14 - розподільювач тактів; 15 - другий регістр; 16 - цифровий суматор; 17 - блок задання швидкості; 18 - другий цифровий компаратор; 19 - другий тригер; 20 - третій лічильник; 21 - комутатор; 22 - блок підготовки даних; 23 - блок пам'яті; 24 - перший лічильник; 25 - відеоконтрольний блок; 26, 27 - перший та другий керовані підсилювачі; 28 - генератор напруги; 29 - четвертий регістр; 30 - перший цифровий індикатор; 31 - АЦП; 32 - третій регістр; 33 - третій елемент І; 34 - третій цифровий компаратор; 35 - перший компаратор; 36 - формувач сигналу; 37 - другий лічильник; 38 п'ятий регістр; 39 - другий цифровий індикатор; 40 - четвертий лічильник; 41 - елемент АБО; 42 - третій тригер; 43 - четвертий елемент І; 44 - шостий регістр; 45 - п'ятий елемент І; 46 - сьомий регістр; 47 - четвертий цифровий компаратор; 48 - другий компаратор; 49 - шостий елемент І; 50 - формувач імпульсів; 51 - п'ятий лічильник; 52 - восьмий регістр; 53 - третій цифровий індикатор, причому вихід дільника частоти 9 підключений до входів буферного регістра 10, першого лічильника 24 та до першого входу відеоконтрольного блока 25, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого 26 та другого 27 керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги 28, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті 23, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника 24, перший вхід блока підготовки даних 22 разом з четвертим входом відеоконтрольного блока 25 з'єднані з виходом комутатора 21, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра 10,

вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами п окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.n інфрачервоного приймача 2, вихід блока підготовки даних 22 підключений в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання положення 3 з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора 4, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого 12 та другого 15 регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення 11, вихід першого цифрового компаратора 4 з'єднаний з першим входом першого елемента І 5, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера 19, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера 7, другий вхід якого підключений до другого виходу другого тригера 19, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора 18, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання швидкості 17, а перша вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною цифрового суматора 16, перша і друга вхідні цифрові шини якого підключені, відповідно, до вихідних цифрових шин першого 12 та другого 15 регістрів, входи яких з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами розподільвача тактів 14, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера 19, вихід другого генератора імпульсів 13 з'єднаний зі входом розподільвача тактів 14, вихід першого тригера 7 підключений до першого входу другого елемента І 8, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів 6, а вихід підключений до входів дільника частоти 9, генератора напруги 28, комутатора 21 та до другого входу блока підготовки даних 22, вихідна цифрова шина АЦП 31 з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра 32, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини четвертого регістра 29 та до першої вхідної цифрової шини третього цифрового компаратора 34, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною АЦП 31, а вихід підключений до другого входу третього елемента І 33, перший вхід якого разом з другим входом АЦП 31 з'єднані з виходом другого елемента І 8, а вихід підключений до входу третього регістра 32, вихід комутатора 21 з'єднаний з першим входом АЦП 31 та зі входом першого компаратора 35, вихід якого підключений до першого входу другого лічильника 37, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною п'ятого регістра 38, а другий вхід підключений до виходу формувача сигналу 36, вхід якого разом зі входами четвертого 29 та п'ятого 38 регістрів з'єднані з виходом першого цифрового компаратора 4, вихідні цифрові шини четвертого 29 та п'ятого 38 регістрів підключені, відповідно, до вхідних цифрових шин першого 30 та другого 39 цифрових індикаторів, вихід дільника частоти 9 з'єднаний зі входом третього тригера 42, перший та другий входи якого підключені, відповідно, до перших входів четвертого 43 та п'ятого 45 елементів І, входи яких з'єднані з першими входами шостого 44 та сьомого 46 регістрів, а другі входи разом з другим входом шостого елемента І 49 підключені до виходу другого компаратора 48, вхід якого з'єднаний з виходом комутатора 21, перший вхід шостого елемента І 49 підключений до виходу четвертого цифрового компаратора 47, перша та друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами шостого 44 та сьомого 46 регістрів, вхідні цифрові шини яких підключені до вихідної цифрової шини третього лічильника 20, а другі входи разом з входом формувача імпульсів 50 та входом восьмого регістра 52 з'єднані з виходом елемента АБО 41, перший вхід якого підключений до виходу четвертого лічильника 40, перший вхід якого з'єднаний з виходом третього лічильника 20, а другий вхід разом з другими входами третього лічильника 20 та елемента АБО 41 підключені до виходу першого цифрового компаратора 4, вихід формувача імпульсів 50 з'єднаний з другим входом п'ятого лічильника 51, перший вхід якого підключений до виходу шостого елемента І 49, а вихідна цифрова шина з'єднана зі вхідною цифровою шиною восьмого регістра 52, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини третього цифрового індикатора 53, перший вхід третього лічильника 20 з'єднаний з виходом другого елемента І 8, позицією 1 позначено об'єktiv.

Запропонований пристрій працює так.

При подачі напруги живлення перший 6 та другий 13 генератори імпульсів починають формувати відповідні послідовності імпульсів. Потік інфрачервоного випромінювання, який створюється поверхнею ротора гідрогенератора, що знаходиться на деякій відстані від оптичної системи пристрою, потрапляє через об'єktiv 1 на лінійку п окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.n інфрачервоного приймача 2, розташованих вздовж радіуса ротора. Очевидно, що при обертанні ротора гідрогенератора в кожен момент часу в поле зору інфрачервоного приймача 2 потрапляє лише фрагмент поверхні вздовж радіуса ротора. Отримуючи фрагменти теплового зображення, можна побудувати тепловий портрет всієї поверхні ротора гідрогенератора в процесі його роботи.

Якщо ротор гідрогенератора знаходиться в нерухомому стані або його швидкість обертання менша від номінальної, то на екран відеоконтрольного блока 25 теплове зображення поверхні

ротора не виводиться. Це обумовлено наступним. Під впливом другого генератора імпульсів 13 по чергово на виходах розподільвача тактів 14 формуються сигнали. Сигналом з першого виходу розподільвача тактів 14 в перший регістр 12 записується код з виходу датчика положення 11. В другий регістр 15 сигналом з другого виходу розподільвача тактів 14 записується інший код з виходу датчика положення 11. Різниця зазначених кодів за одиницю часу, що забезпечується другим генератором імпульсів 13, являє собою швидкість обертання ротора гідрогенератора, що і визначається в цифровому суматорі 16 та подається на перший вхід другого цифрового компаратора 18, в якому здійснюється порівняння у вигляді кодів поточної швидкості обертання ротора гідрогенератора з номінальною, яка записана в блоці задання швидкості 17. У випадку, коли швидкість менша від номінальної, на виході другого цифрового компаратора 18 з'являється сигнал логічного нуля, який під дією сигналу з третього виходу розподільвача тактів 14 записується в другий тригер 19. При цьому тепловий портрет ротора не фіксується.

Якщо ж швидкість обертання ротора гідрогенератора стає рівною номінальній, то на другому виході другого тригера 19 з'являється сигнал логічного нуля, на його першому виході з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на вхід першого елемента І 5. В момент обертання ротора, коли він знаходиться в умовному початковому положенні, коди з виходу датчика положення 11 та з виходу блока задання положення 3 співпадають, на виході першого цифрового компаратора 4 з'являється сигнал логічної одиниці, яким через перший елемент І 5 встановлюється в одиничний стан перший тригер 7. Внаслідок цього імпульси з виходу першого генератора імпульсів 6 через другий елемент І 8 починають надходити в блоки, за допомогою яких формується тепловий портрет на екрані відеоконтрольного блока 25.

Залежно від кутової швидкості обертання ω ротора гідрогенератора вибрана частота формування імпульсів f_1 першого генератора імпульсів 6, що пов'язано співвідношенням $f_1/n = \omega/(2\pi \cdot m)$, де $m = 360^\circ/\beta$, β - мінімальний сектор поверхні ротора, що потрапляє в поле зору інфрачервоного приймача 2, n - коефіцієнт ділення дільника частоти 9, що відповідає кількості окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.n інфрачервоного приймача 2. Отже, з частотою f_1/n , при номінальній швидкості обертання ротора, на виході дільника частоти 9 з'являються імпульси, якими фіксуються у буферному регістрі 10 на час $\Delta T = n/f_1$ електричні сигнали в аналоговому вигляді з виходів n окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.n інфрачервоного приймача 2. Амплітуди цих сигналів пропорційні температурі елементарних ділянок поверхні об'єкта (кількість таких ділянок $N = n \cdot m$). Комутатором 21 здійснюється зчитування інформації з буферного регістра 10 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в послідовний. Сформований таким чином сигнал з виходу комутатора 21 потрапляє на вхід відеоконтрольного блока 25 і на вхід блока підготовки даних 22, в якому він перетворюється в цифрову форму та приводиться до зручного виду для передачі в ЕОМ.

Генератор напруги 28, перший 26 та другий 27 керовані підсилювачі і блок пам'яті 23 призначені для формування сигналів розгортки відеоконтрольного блока 25. Сигнал частотою f_1 , що надходить на вхід генератора напруги 28, на виході приймає ступінчасту форму (містить n складових) і подається на входи першого 26 і другого 27 керованих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами блока пам'яті 23. При цьому коефіцієнти підсилення першого 26 та другого 27 керованих підсилювачів задаються так, що на їх виходах формуються сигнали, пропорційні $R_i \sin \varphi_j$ та $R_j \cos \varphi_j$, відповідно, де R_i - радіус, φ_j - кут координати елементарної ділянки поверхні ротора в полярній системі координат, що

обумовлено сигналами з датчика положення 11. При цьому $i = \overline{0, n}$, $j = \overline{0, m}$.

На вхід блока пам'яті 23 сигнали надходять з першого лічильника 24, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює t . В результаті на екрані відеоконтрольного блока 25 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу дільника частоти 9 формується зображення, що відповідає тепловому портрету ротора гідрогенератора.

Визначення найбільш нагрітої точки обмотки ротора гідрогенератора в процесі його роботи відбувається наступним чином. Послідовність сигналів з виходу комутатора 21 потрапляє на перший вхід АЦП 31, в якому по сигналу з першого генератора імпульсів 6 через другий елемент І 8 здійснюється їх перетворення в цифровий код. По закінченні першого перетворення в третьому цифровому компараторі 34 здійснюється порівняння цифрового коду з виходу АЦП 31 та нульового коду, записаного в третьому регістрі 32. При цьому на виході третього цифрового компаратора 34 з'являється сигнал логічної одиниці, яким відкривається третій елемент І 33 і по сигналу з виходу другого елемента І 8 цифровий код з виходу АЦП 31 записується в третій регістр 32. При черговому циклі аналого-цифрового перетворення на виході АЦП 31 з'являється цифровий код, який порівнюється з кодом, записаним в третьому регістрі 32. І якщо цифровий код на виході АЦП 31 перевищує код, записаний в третьому

регістрі 32, то відбувається перезапис коду в третій регістр 32. Таким чином в процесі аналого-цифрового перетворення сигналів, що відповідають температурі різних точок обмотки ротора гідрогенератора, в третьому регістрі 32 зберігається код, що відповідає найвищій температурі обмотки ротора. По завершенні повного оберту ротора гідрогенератора на виході першого цифрового компаратора 4 з'являється імпульс, яким інформація з третього регістра 32 переписується в четвертий регістр 29 та виводиться на перший цифровий індикатор 30.

Розмір області підвищеної температури обмотки ротора визначається так. Інформаційний сигнал з комутатора 21, що надходить на вхід першого компаратора 35, залежно від значення вимірюваної температури, на його виході перетворюється в логічний сигнал нуля або одиниці та у вигляді імпульсів подається на вхід другого лічильника 37, яким підраховується кількість точок теплового портрета ротора гідрогенератора, температура яких перевищує значення, що визначається порогом спрацювання першого компаратора 35. По завершенні сканування всіх точок теплового портрета обмотки ротора гідрогенератора на виході першого цифрового компаратора 4 з'являється імпульс, яким дані з другого лічильника 37 (кількість точок з підвищеною температурою) переносяться в п'ятий регістр 38 та відображаються на другому цифровому індикаторі 39. По закінченні імпульсу з виходу першого цифрового компаратора 4 на виході формувача сигналу 36 з'являється короткий імпульс, яким другий лічильник 37 обнуляється. Число, що записане в п'ятому регістрі 38 свідчить про розмір локальної області підвищеної температури обмотки ротора гідрогенератора, за яким оперативний персонал приймає рішення про роботоздатність гідрогенератора.

Очевидно, що, згідно із запропонованим алгоритмом, сканування ротора гідрогенератора здійснюється спочатку вздовж деякого радіуса R_j . Коли закінчено сканування n точок, що лежать на радіусі R_j , здійснюється сканування n точок, що лежать на радіусі R_{j+1} . Так знаходиться кругова розгортка всього теплового зображення ротора гідрогенератора в процесі його роботи.

Ідентифікація витка обмотки з підвищеною температурою ротора гідрогенератора здійснюється так. Нагадаємо, що на виході дільника частоти 9 сигнал з'являється кожен раз, коли закінчується сканування вздовж лінійки 2 окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.n. По кожному імпульсу з виходу дільника частоти 9 третій тригер 42 кожен раз перемикається з одного положення в інше.

В період, коли ротор обертається з номінальною швидкістю, на виході другого елемента І 8 встановлюється послідовність імпульсів, яка формується першим генератором імпульсів 6, і ці імпульси надходять на перший вхід третього лічильника 20, внаслідок чого на його виході наращується цифровий код від нульового значення до максимального, що відповідає кількості окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.n. Послідовно за ним ввімкнений четвертий лічильник 40, коефіцієнт ділення якого відповідає розміру одного полюса обмотки ротора гідрогенератора в перерахунку на кількість секторів його сканування.

Якщо на виході одного з окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.n з'являється підвищене значення напруги, що відповідає підвищеній температурі фрагменту поверхні обмотки ротора гідрогенератора, то на виході другого компаратора 48 формується імпульс, який подається на четвертий 43 та п'ятий 45 елементи І. Залежно від положення третього тригера 42 логічний сигнал з'являється або на першому, або на другому його виходах. Внаслідок цього цифровий код, що відповідає номеру сенсора з ряду окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.n інфрачервоного приймача 2, з виходу третього лічильника 20 надходить на входи шостого 44 та сьомого 46 регістрів. І коли під дією третього тригера 42 та другого компаратора 48 відкривається четвертий 43 та п'ятий 45 елементи І, то цифровий код з виходу третього лічильника 20 заноситься в шостий 44 та сьомий 46 регістри. Зазначимо, що при ввімкненні пристрою, коли в шостому 44 та сьомому 46 регістрах записаний нульовий цифровий код, при запису цифрового коду з виходу третього лічильника 20 в шостий 44 та сьомий 46 регістри на виході четвертого цифрового компаратора 47 присутній сигнал логічного нуля.

При скануванні наступного сектора поверхні полюса ротора гідрогенератора, тобто, коли тим же інфрачервоним сенсором, що і в попередньому скануванні, фіксується підвищена температура, то в шостий 44 та сьомий 46 регістри (в той, в якому записаний нульовий цифровий код) заноситься цифровий код з виходу третього лічильника 20, який співпадає з кодом, записаним при попередньому скануванні, і на виході четвертого цифрового компаратора 47 з'являється сигнал, що надходить на перший вхід шостого елемента І 49. При цьому на його другому вході присутній сигнал з виходу другого компаратора 48, внаслідок чого на перший вхід п'ятого лічильника 51 надходить імпульс, яким наращується в ньому цифровий код, що свідчить про наявність підвищеної температури в сусідніх секторах в одному витку полюса обмотки ротора гідрогенератора.

Таке сканування та відповідна обробка інформації здійснюється над кожним полюсом обмотки ротора гідрогенератора протягом повного оберту ротора гідрогенератора, внаслідок чого однаковий цифровий код періодично з виходу третього лічильника 20 заноситься по чергово то в шостий 44, то в сьомий 46 реєстри (за умови, що існує область підвищеної температури одного витка полюса обмотки ротора). Після завершення сканування одного полюса обмотки на виході четвертого лічильника 40 з'являється імпульс, яким через елемент АБО 41 обнуляються шостий 44 та сьомий 46 реєстри. Цим же сигналом цифровий код з виходу п'ятого лічильника 51 переноситься в восьмий реєстр 52 і по завершенні імпульсу на виході формувача імпульсів 50 з'являється сигнал, яким обнуляється п'ятий лічильник 51.

Після цього розпочинається сканування другого полюса обмотки ротора гідрогенератора.

По завершенні сканування всіх полюсів обмотки ротора гідрогенератора на виході першого цифрового компаратора 4 з'являється імпульс, яким обнуляється третій 20 та четвертий 40 лічильники і через елемент АБО 41 обнуляються шостий 44 та сьомий 46 реєстри. Цим же сигналом цифровий код з виходу п'ятого лічильника 51 переноситься в восьмий реєстр 52 і по завершенні імпульсу на виході формувача імпульсів 50 з'являється сигнал, яким обнуляється п'ятий лічильник 51.

Цифровий код з виходу восьмого реєстра 52 заноситься в третій цифровий індикатор 53, на якому по чергово відображається довжина області підвищеної температури вздовж одного витка кожного полюса обмотки ротора гідрогенератора, що і є сигналом для обслуговуючого персоналу щодо можливості подальшої експлуатації гідрогенератора.

У разі, коли підвищену температуру має тільки фрагмент ізоляції витка полюса обмотки в третьому цифровому індикаторі 53 фіксується число, що підтверджує виникнення локальної області підвищеної температури.

Цикл сканування поверхні ротора гідрогенератора повторюється.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для тепловізійного діагностування обмоток ротора гідрогенератора, що містить інфрачервоний приймач з n окремих інфрачервоних сенсорів, дільник частоти, буферний реєстр, комутатор, блок підготовки даних, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, два лічильники, генератор напруги, блок пам'яті, датчик положення, блок задання положення, блок задання швидкості, розподільувач тактів, п'ять реєстрів, три цифрові компаратори, цифровий суматор, два тригери, три елементи І, аналого-цифровий перетворювач, формувач сигналу, перший компаратор та два цифрові індикатори, причому вихід дільника частоти підключений до входів буферного реєстра, першого лічильника та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника, перший вхід блока підготовки даних разом з четвертим входом відеоконтрольного блока з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного реєстра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами n окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача, вихід блока підготовки даних підключений в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого реєстрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом першого елемента І, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера, другий вхід якого підключений до другого виходу другого тригера, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання швидкості, а перша вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною цифрового суматора, перша і друга вхідні цифрові шини якого підключені, відповідно, до вихідних цифрових шин першого та другого реєстрів, входи яких з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами розподільувача тактів, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний зі входом розподільувача тактів, вихід першого тригера підключений до першого входу другого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів, а вихід підключений до входів дільника частоти, генератора напруги, комутатора та до другого входу блока підготовки даних, вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача з'єднана з вхідною цифровою шиною третього реєстра,

вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини четвертого регістра та до першої вхідної цифрової шини третього цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною аналого-цифрового перетворювача, а вихід підключений до другого входу третього елемента І, перший вхід якого разом з другим входом аналого-цифрового перетворювача з'єднані з виходом другого елемента І, а вихід підключений до входу третього регістра, вихід комутатора з'єднаний з першим входом аналого-цифрового перетворювача та зі входом першого компаратора, вихід якого підключений до першого входу другого лічильника, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною п'ятого регістра, а другий вхід підключений до виходу формувача сигналу, вхід якого разом зі входами четвертого та п'ятого регістрів з'єднані з виходом першого цифрового компаратора, вихідні цифрові шини четвертого та п'ятого регістрів підключені, відповідно, до вхідних цифрових шин першого та другого цифрових індикаторів, який **відрізняється** тим, що введено три лічильники, три регістри, три елементи І, елемент АБО, третій тригер, другий компаратор, четвертий цифровий компаратор, формувач імпульсів та третій цифровий індикатор, причому вихід дільника частоти з'єднаний зі входом третього тригера, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів четвертого та п'ятого елементів І, виходи яких з'єднані з першими входами шостого та сьомого регістрів, а другі входи разом з другим входом шостого елемента І підключені до виходу другого компаратора, вхід якого з'єднаний з виходом комутатора, перший вхід шостого елемента І підключений до виходу четвертого цифрового компаратора, перша та друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами шостого та сьомого регістрів, вхідні цифрові шини яких підключені до вихідної цифрової шини третього лічильника, а другі входи яких разом з входом формувача імпульсів та входом восьмого регістра з'єднані з виходом елемента АБО, перший вхід якого підключений до виходу четвертого лічильника, перший вхід якого з'єднаний з виходом третього лічильника, а другий вхід разом з другими входами третього лічильника та елемента АБО підключені до виходу першого цифрового компаратора, вихід формувача імпульсів з'єднаний з другим входом п'ятого лічильника, перший вхід якого підключений до виходу шостого елемента І, а вихідна цифрова шина з'єднана зі вхідною цифровою шиною восьмого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини третього цифрового індикатора, перший вхід, третього лічильника з'єднаний з виходом другого елемента І.

